

Heitor Dandolini de Souza

**ELABORAÇÃO DE UM DIAGNÓSTICO DE EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA PARA A BIBLIOTECA CENTRAL DA UFSC**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido ao Programa de Graduação
em Engenharia elétrica da
Universidade Federal de Santa
Catarina para a obtenção do Grau de
Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Mauricio Valencia
Ferreira da Luz, Dr.

Florianópolis
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Souza, Heitor Dandolini de
Elaboração de um diagnóstico de eficiência
energética para a Biblioteca Central da UFSC /
Heitor Dandolini de Souza ; orientador, Maurício
Valência Ferreira da Luz, 2018.
80 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro
Tecnológico, Graduação em Engenharia Elétrica,
Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

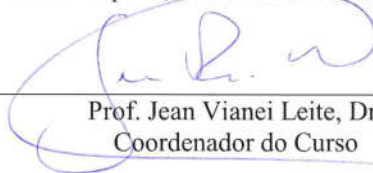
1. Engenharia Elétrica. 2. Eficiência
energética. 3. Fotovoltaico . 4. LED. 5. Celesc. I.
Luz, Maurício Valência Ferreira da. II. Universidade
Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia
Elétrica. III. Título.

Heitor Dandolini de Souza

**ELABORAÇÃO DE UM DIAGNÓSTICO DE EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA PARA A BIBLIOTECA CENTRAL DA UFSC**

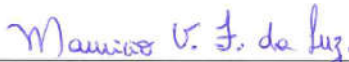
Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para a obtenção do Título de “Bacharel em Engenharia Elétrica” e aprovado em sua forma final pelo Programa de Graduação em Engenharia Elétrica.

Florianópolis, 30 de novembro de 2018.




Prof. Jean Viane Leite, Dr.
Coordenador do Curso


Banca Examinadora:



Prof. Mauricio Valencia Ferreira da Luz, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Cristhian Becker Cares, M.Sc.
Universidad de Santiago de Chile
Doutorando GRUCAD/UFSC



Eng. Thiago Jeremias
Celesc
Chefe da Divisão de P&D e Eficiência Energética

Este trabalho é dedicado aos meus pais, amigos e professores que tornaram a minha passagem pelo curso uma boa experiência de aprendizado.

AGRADECIMENTOS

Aos meus ídolos, meus pais Gertrudes e João Artur, obrigado pelo amor incondicional e pelo exemplo de vida. Não posso deixar de agradecer a minha noiva Kamila, que esteve ao meu lado durante todos os meses de elaboração desse trabalho. Sou grato a minha grande amiga Janaína que ajudou a me incentivar durante o desenvolvimento do trabalho. Agradeço ao meu orientador Prof. Maurício que me permitiu elaborar este trabalho.

RESUMO

Com o crescimento no consumo de energia elétrica, surge a necessidade não só da expansão do sistema, como também da criação de novas iniciativas para efficientizar o uso da energia elétrica. Este estudo realizou o diagnóstico energético da Biblioteca Central da Universidade Federal de Santa Catarina, nos moldes da Chamada Pública da Celesc que é vinculada ao PEE da ANEEL, analisando a viabilidade econômica das ações de eficiência energética dos usos finais de iluminação e fonte incentivada. A análise prevê a substituição de 2.833 lâmpadas e a instalação de 596 módulos fotovoltaicos, contendo uma relação custo-benefício de 0,64 e redução de demanda de 338,51 MWh/ano.

Palavras-chave: Eficiência energética, Fotovoltaico, LED.

ABSTRACT

With the increase consumption of electric energy, there is a need not only for the expansion of the system, but also for the creation of new initiatives to efficiently use electrical energy. This study performed the energy diagnosis of the Central Library from the Federal University of Santa Catarina, according to the Celesc Public Call, analyzing the economic feasibility from the actions of energy efficiency at the end uses of lighting and incentivized source. The analysis provides for the replacement of 2,833 light bulbs and the installation of 596 photovoltaic modules, with a cost-benefit ratio of 0.64 and reducing 338.51 MWh/year.

Keywords: Energy Efficiency, Photovoltaic, LED

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estimativa da participação dos usos finais de energia elétrica.....	35
Figura 2 - Vista Superior da BC.....	44
Figura 3 - Desenho representativo do posicionamento dos módulos.....	47
Figura 4 - Desenho do calendário de atividades.....	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Informações sobre o proponente.....	33
Tabela 2 – Resumo do projeto.....	35
Tabela 3 - Comparação entre características técnicas das lâmpadas existentes e propostas.....	37
Tabela 4 – Relação da quantidade de luminárias e suas localizações.....	37
Tabela 5 – Relação da potência dos reatores com a luminária ...	38
Tabela 6 – Horário de funcionamento dos setores.....	39
Tabela 7 – Resultados Esperados (iluminação).....	39
Tabela 8 – Cálculo de consumo atual (iluminação).....	40
Tabela 9 – Cálculo de consumo proposto (iluminação)	41
Tabela 10 – Características módulos fotovoltaicos Canadian Solar CS5K – 270P.....	45
Tabela 11 – Características inversor Fronius Eco 27.0-3-S.....	46
Tabela 12 – Radiação solar incidente na Biblioteca Central da UFSC.....	49
Tabela 13 – Simulação de Geração na Biblioteca Central da UFSC.....	50
Tabela 14 - Descrição das ações de Marketing e Divulgação previstas para o projeto.	54
Tabela 15 – Custos de Mão de Obra Própria Celesc	57
Tabela 16 – Custos de transporte Celesc	58
Tabela 17 – Custos dos materiais e serviços (marketing).....	59
Tabela 18 – Custos de treinamento.....	59
Tabela 19 – Custos dos Materiais e equipamentos (iluminação) 60	
Tabela 20 – Custos de Mão de Obra (Iluminação)	60
Tabela 21 – Custos de Descarte (Iluminação)	61
Tabela 22 – Custos de M&V Período de Referência (Iluminação)	61
Tabela 23 – Custos de M&V Período Pós-Retrofit (Iluminação)61	
Tabela 24 – Outros Custos (Iluminação).....	62
Tabela 25 – Custos Anualizados (Iluminação).....	62
Tabela 26 – Custos dos Materiais e equipamentos (Fonte incentivada).....	64
Tabela 27 – Custos de Mão de Obra (Fonte incentivada).....	64
Tabela 28 – Custos de M&V (Fonte incentivada)	65
Tabela 29 – Outros Custos (Fonte Incentivada)	65
Tabela 30 – Custos Anualizados (Fonte Incentivada)	66

Tabela 31 – Custos por categoria contábil e origem dos recursos	67
Tabela 32 – Valores limite para as propostas de projeto.....	67
Tabela 33 – Custos por usos finais propostos	68
Tabela 34 – Cálculo da relação custo-benefício do ponto de vista do sistema elétrico e PEE.....	69
Tabela 35 - Índice de Financiamento solicitado	69
Tabela 36 – População x Amostragem (Iluminação).	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
ESCO – Empresa de Serviços de Conservação de Energia
Celesc – Centrais Elétricas de Santa Catarina
PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PEE – Programa de Eficiência Energética
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
NBR – Norma Brasileira
BC – Biblioteca Central da UFSC
M&V – Medição e Verificação
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia.
STC – Standart Test Conditions
GHI – Global Horizontal Irradiation
GTI – Global Tilted Irradiation
DSST – Departamento de Segurança do Trabalho
FCP – Fator de coincidência de ponta
ROL – Receita Operacional Líquida

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	27
1.1	HISTÓRICO DO PEE NO BRASIL	27
1.2	OBJETIVOS.....	30
1.2.1	Objetivo geral.....	30
1.2.2	Objetivos específicos	30
1.2.3	Metodologia	30
2	AVALIAÇÃO INICIAL.....	33
2.1	APRESENTAÇÃO DA PROPONENTE	33
2.2	OBJETIVOS.....	33
2.3	INSUMOS ENERGÉTICOS	34
2.4	ESTIMATIVA DA PARTICIPAÇÃO DOS USOS FINAIS DE ENERGIA ELÉTRICA	34
2.5	RESUMO DO PROJETO.....	35
3	ANÁLISE DAS AÇÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	36
3.1	USO FINAL ILUMINAÇÃO	36
3.1.1	Levantamento Quantitativo	36
3.1.2	Horários de Funcionamento.....	38
3.1.3	Equações (iluminação).....	42
3.2	FONTES INCENTIVADAS.....	44
3.2.1	Levantamento Quantitativo	46
3.2.2	Cálculo da geração esperada.....	48
3.2.3	Equações (Fonte Incentivada).....	51
3.3	TREINAMENTO E CAPACITAÇÃO.....	52
3.3.1	Conteúdo programático	52
3.3.2	Instrutor.....	53
3.3.3	Público alvo	53
3.3.4	Carga horária.....	53
3.3.5	Cronograma	53

3.3.6	Local.....	53
3.4	MARKETING E DIVULGAÇÃO.....	53
3.5	DESCARTE.....	54
4	AVALIAÇÃO DOS CUSTOS.....	56
4.1	CUSTOS RATEADOS ENTRE USOS FINAIS	56
4.1.1	Mão de obra Própria.....	56
4.1.2	Transporte	57
4.1.3	Ações de marketing e divulgação.....	58
4.1.4	Treinamento e capacitação.....	59
4.2	USO FINAL ILUMINAÇÃO	60
4.2.1	Materiais e equipamentos.....	60
4.2.2	Mão de obra.....	60
4.2.3	Descarte.....	60
4.2.4	Medição e Verificação.....	61
4.2.5	Outros Custos	61
4.2.6	Custos anualizados	62
4.3	FONTES INCENTIVADAS	64
4.3.1	Materiais e equipamentos.....	64
4.3.2	Mão de obra.....	64
4.3.3	Medição e verificação.....	65
4.3.4	Outros Custos	65
4.3.5	Custos Anualizados	66
4.4	CUSTOS TOTAIS	66
4.5	AVALIAÇÃO EX ANTE	68
5	ESTRATÉGIA DE MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO	70
5.1	USO FINAL ILUMINAÇÃO	70
5.1.1	Variáveis independentes	70
5.1.2	Duração das medições.....	71
5.1.3	Efeitos interativos.....	71

5.1.4	Fronteira de medição	71
5.1.5	Opção do PIMVP	71
5.1.6	Modelo do consumo da linha de base	72
5.1.7	Fatores estáticos	72
5.1.8	Medições do período de determinação da economia.....	72
5.1.9	Amostragem	72
5.1.9.1	Equações (M&V).....	73
5.1.10	Cálculo das economias	74
5.2	FONTES INCENTIVADAS.....	74
5.2.1	Variáveis independentes.....	74
5.2.2	Duração das medições	74
5.2.3	Fronteira de medição.....	75
5.2.4	Opção do PIMVP	75
5.2.5	Modelo do consumo da linha de base.....	75
5.2.6	Cálculo da Geração.....	75
6	CRONOGRAMA FÍSICO	76
7	CONCLUSÃO.....	77
	REFERÊNCIAS.....	79

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento no consumo de energia elétrica, surge a necessidade não só da expansão do sistema, como também da criação de novas iniciativas para efficientizar o uso da energia elétrica. A eficiência energética tem o seu conceito básico ligado à minimização de perdas durante a conversão de energia primária em energia útil. O exemplo clássico é a conversão de energia elétrica em energia luminosa observado nas lâmpadas. Enquanto a lâmpada incandescente converte menos de 10% em energia luminosa os modelos de LED atingem uma eficiência de até 90% de aproveitamento.

As ações de eficiência energética consistem na utilização de novas práticas e equipamentos capazes de reduzir o consumo e o desperdício de energia. De acordo com o PROPEE estas ações podem ser realizadas nos setores: industrial, comércio e serviços, poder público, rural, residencial, baixa renda, iluminação pública e projetos educacionais. Os tipos de ações podem contemplar as seguintes ações de eficiência: iluminação, condicionamento ambiental, sistemas motrizes, sistemas de refrigeração, aquecimento solar de água, gestão energética, bônus para eletrodomésticos eficientes e fontes incentivadas. Porém, antes da realização dessas ações é preciso realizar um estudo econômico detalhado onde será analisada a viabilidade prática do projeto.

Além de reduzir o custo com a energia elétrica, as empresas que empregam o uso eficiente contribuem para: a proteção do meio-ambiente, o desenvolvimento sustentável, o aumento da sua reputação, da competitividade e possibilitando a liberação de recursos para outras prioridades.

1.1 HISTÓRICO DO PEE NO BRASIL

Sendo o custo de expansão do sistema elétrico pode ser superior ao custo de ações de eficiência energética a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) ajudou a criar a Lei Federal nº 9.991, de 24 de julho de 2000. Essa lei institui o investimento mínimo das concessionárias em programas de eficiência energética. Este valor é igual a 0,4% de sua Receita Operacional Líquida (ROL) para investimento obrigatório em projetos de eficiência energética e 0,1% é repassado para o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL). Essa lei faz com que as distribuidoras busquem

contratar empresas especializadas em eficiência energética para elaborar e executar projetos.

De acordo com o site do PEE da ANEEL de 1998 até 2016 foram investidos 6,96 bilhões de reais, representando uma economia de energia 10,2 TWh/ano e uma redução de demanda de 3,4 GW. Isto é equivalente ao consumo de 4,2 milhões de residências, em termos de preservação ambiental representa redução de 945 mil toneladas de CO₂ ou o plantio de 5,6 milhões de árvores. As ações realizadas estão alinhadas com os 17 objetivos sustentáveis da ONU.

As distribuidoras possuem de maneira resumida duas opções para selecionar projetos de eficiência energética. A primeira seria por meio de editais de contratação, nos quais a distribuidora cria o projeto e abre um edital para a contratação da empresa executora do serviço. Esses projetos comumente são destinados à ampla população (rural e baixa renda). A segunda opção é por meio de editais de chamada pública, nos quais qualquer cliente em conjunto com uma ESCO (Empresa de Serviços de Conservação de Energia) submete seu projeto para ser avaliado. Caso classificado a distribuidora, por meio de contrato, realiza o subsídio do mesmo possibilitando assim a execução das ações propostas.

Além das normas brasileiras que regem projetos de instalações elétricas e afins como a NBR 5410, os projetos de eficiência energética são elaborados e executados baseados em duas principais referências específicas para a área. A primeira a ser analisada é o manual de Procedimentos do Programa de Eficiência Energética (PROPEE), que é o guia base para elaboração de qualquer projeto. O segundo é o Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVP), que rege todos os procedimentos de medição que devem ser utilizados para apuração econômica dos projetos, garantindo confiabilidade nos resultados.

Como a UFSC está na área de concessão da Celesc, esse estudo usa como base para o diagnóstico energético o Edital da Chamada Pública 01/2017 que pertence ao Programa de Eficiência Energética (PEE) da ANEEL/Celesc. O programa de eficiência energética da ANEEL/Celesc cresce anualmente junto com seu rendimento líquido o que gera uma demanda crescente para estes projetos.

A Celesc é a 2ª melhor empresa do setor elétrico do Brasil pelo Prêmio Abradee 2017, trabalhando a mais de 20 anos no combate ao desperdício de energia elétrica. Por meio do seu Programa de Eficiência Energética (PEE Celesc), já foram executados mais de 100 projetos, contabilizando um investimento de 344 milhões de reais de 1998 até

2017. Representando uma economia de 270 GWh/ano e redução de demanda de 80MW. Isto é equivalente ao consumo de 112 mil de residências, em termos de preservação ambiental representa redução de 21,5 mil toneladas de CO₂ ou o plantio de 150 mil de árvores. (Dados retirados do site do PEE Celesc)

A Celesc possui uma grande gama de projetos que servem de referência do trabalho que está sendo executados, alguns desses projetos são:

- a) Bônus Eficiente – linha eletrodomésticos: subsídio para a troca de eletrodomésticos, 86.237 refrigeradores, freezers ou condicionadores de ar substituídos, mais de 527 mil lâmpadas por modelos LED, 47 GWh/ano em economia de energia.
- b) Bônus Eficiente – linha motores: subsídio para a troca de motores elétricos, 2.710 motores substituídos, 26 GWh/ano em economia de energia.
- c) Banho de Energia – instalação de 1 mil trocadores de calor para fogão a lenha, substituição de 10 mil lâmpadas por modelos LED, 1,6 GWh/ano em economia de energia.

As principais regras para a participação da chamada pública são: a previsão de ações de medição e verificação de acordo com o PIMVP, equipamentos selecionados que possuam selo PROCEL, previsão de descarte de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, obrigatório realização de ações de treinamento e marketing e possuir relação custo-benefício menor ou igual a 0,8 nos casos gerais ou menos que 0,9 para contratos de desempenho.

Este trabalho propõe realizar o diagnóstico energético da Biblioteca Central da UFSC, analisando quais ações de eficiência energética terão a melhor relação custo benefício. Análise realizada através da comparação dos gastos do projeto com o benefício gerado anualmente.

O trabalho apresentará o processo de elaboração do diagnóstico energético nos conformes do Edital de Chamada Pública 01/2017 da Celesc. O motivo pelo qual esse edital foi selecionado é devido a UFSC estar dentro da área de concessão da Celesc. Sendo assim, o estudo elaborado poderá ser utilizado como auxílio para preparação de um diagnóstico energético que englobe toda a universidade.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Propor uma solução dentro dos padrões do programa de eficiência energética da ANEEL, para a Biblioteca Central da UFSC.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Analisar os procedimentos e protocolos nacionais para ações de eficiência energética, tendo em vista a aplicação para o Edital da Chamada Pública 01/2017 realizado pela Celesc.
- b) Realizar um estudo detalhado do consumo energético da Biblioteca Central.
- c) Avaliar diferentes ações de eficiência energética que podem ser aplicadas na Biblioteca Central.
- d) Estabelecer ações de eficiência energética que proporcionem uma relação custo-benefício dentro dos parâmetros do Programa de Eficiência Energética da ANEEL.
- e) Concluir a análise através da elaboração de um diagnóstico energético completo.

1.2.3 Metodologia

O método de pesquisa utilizado é o descritivo, onde foram usadas as técnicas de coleta de dados qualitativa, seguindo as recomendações do PROPEE e do guia de M&V para a elaboração do projeto.

Foram realizadas diversas entrevistas com funcionários da biblioteca central a respeito do horário de utilização da iluminação nos seus setores, para estimativa anual do horário de funcionamento. Foi realizado também entrevistas com funcionários do setor responsável pela manutenção da parte elétrica e condicionamento ambiental da biblioteca, a fim de entender a situação em que se encontrava a biblioteca, a potência e os modelos dos equipamentos presentes.

Foi realizada uma série de visitas à biblioteca a fim de contabilizar de forma assertiva o quantitativo de lâmpadas, condicionadores de ar e outros equipamentos presentes na estrutura. Durante as visitas de campo também foi efetuado uma verificação com relação às condições estruturais do sistema de condicionamento de ar.

Em conjunto com as entrevistas e visitas foi utilizado como base às plantas baixas referentes ao projeto elétrico da biblioteca central, assim como outros projetos de expansão no sistema elétrico realizados. Esses projetos serviram o propósito de representar o posicionamento dos eletro-dutos, eletro-calhas e prumadas.

2 AVALIAÇÃO INICIAL

2.1 APRESENTAÇÃO DA PROPONENTE

A Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), com sede em Florianópolis, capital do estado de Santa Catarina, foi fundada em 18 de dezembro de 1960, com o objetivo de promover o ensino, a pesquisa e a extensão. Possuindo mais quatro campi nos municípios de Araranguá, Curitibanos, Joinville e Blumenau e contendo um corpo de mais de 5.600 servidores e mais de 30.000 alunos, a UFSC é considerada pelo Ranking Universitário da Folha de São Paulo como a sexta melhor universidade do país.

De acordo com o estatuto da UFSC, a mesma é uma autarquia de regime especial, vinculada ao Ministério da Educação. Sendo assim de acordo com o módulo 4 do PROPEE se enquadrando na tipologia de serviços públicos, essa tipologia permite a execução de contratação de projetos de eficiência energética a fundo perdido.

O presente projeto destina-se a ações de eficiência energética na Biblioteca Central (BC) da UFSC. As principais informações sobre o proponente e as unidades consumidoras são apresentadas na Tabela 1. Para fins de apresentação para o edital é necessário incluir na tabela informações do responsável pela UFSC.

Tabela 1 – Informações sobre o proponente

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA	
CNPJ	83.899.526-0001/82
Endereço	Acesso Trindade, s/n - Carvoeira, Florianópolis - SC, 88040-900
Atividade	Sem fins lucrativos
Subgrupo Tarifário	A4

Fonte: Página da UFSC

2.2 OBJETIVOS

O objetivo do presente diagnóstico energético é apresentar possibilidades de melhorar o aproveitamento energético do uso final “iluminação” e o aproveitamento da energia solar nas dependências da

Biblioteca Central, por intermédio da substituição de equipamentos de iluminação ineficientes por outros com maior eficiência e da implementação de sistema fotovoltaico. É importante destacar que todos os equipamentos selecionados devem possuir garantia de eficiência energética de acordo com as normas da PROCEL, ou seja, devem ter o selo PROCEL.

Além disso, pretende-se promover a divulgação da cultura de boas práticas de utilização racional de energia elétrica, entre os alunos e funcionários da instituição e comunidade em geral, bem como, proporcionar economia de energia elétrica (MWh/ano), redução de demanda na ponta (kW) e economia anual (R\$) para o consumidor, com a implantação da ação de eficiência energética proposta.

2.3 INSUMOS ENERGÉTICOS

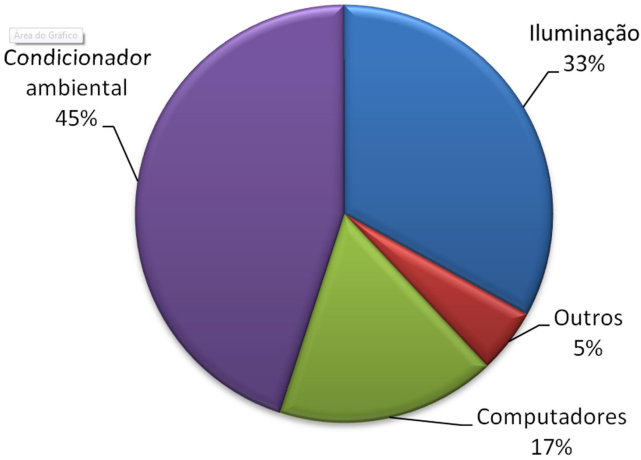
A unidade consumidora integrante desse Diagnóstico Energético utiliza como insumo energético apenas a energia elétrica proveniente da rede de distribuição da Celesc. A BC hoje não possui gerador de energia elétrica.

2.4 ESTIMATIVA DA PARTICIPAÇÃO DOS USOS FINAIS DE ENERGIA ELÉTRICA

Baseado no histórico recolhido da utilização da biblioteca e na potência dos equipamentos encontrados foi elaborado uma estimativa do uso da energia elétrica.

A Figura 1 representa a participação de cada categoria de uso final de energia elétrica. Essa estimativa foi realizada com base as potências, quantidades e tempo de uso dos equipamentos encontrados na biblioteca.

Figura 1 – Estimativa da participação dos usos finais de energia elétrica.



Fonte: O autor

2.5 RESUMO DO PROJETO

Com base em todos os dados levantados e cálculos elaborados foi realizado um resumo contendo as informações mais importantes do projeto. A Tabela 2 representa o custo total do projeto, energia economizada e relação custo benefício do projeto. Estando com um RCB dentro do aceitável pelo PROPEE.

Tabela 2 – Resumo do projeto

<input checked="" type="checkbox"/> Iluminação	<input type="checkbox"/> Motores	<input type="checkbox"/> Aquecimento Solar de Água	<input type="checkbox"/> Outros
<input type="checkbox"/> Cond. Ambiental	<input type="checkbox"/> Sistema de Refrigeração	<input type="checkbox"/> Equip. Hospitalares	<input checked="" type="checkbox"/> Fonte Incentivada
Custo Total do Projeto	R\$ 924.748,67	Valor Total Solicitado ao PEE CELESC	R\$ 906.253,70
Contrapartida Consumidor	R\$ -	Contrapartida Terceiros	R\$ -
Energia Economizada (MWh/ano)	338,51	Vida Útil Média (anos)	15,50
Redução de Demanda na Ponta (kW)	26,26	Economia mensal aproximada	R\$ -
RCB _{PEE}	SISTEMA ELÉTRICO 0,64	CONSUMIDOR	-
R\$/MWh	RECURSO PEE 289,58	COM CONTRAPARTIDA	289,58
		RCB _{total}	SISTEMA ELÉTRICO 0,64
		CONSUMIDOR	-
		R\$/kW	RECURSO PEE 3.733,05
		COM CONTRAPARTIDA	3.733,05

Fonte: Tabela da Celesc preenchida pelo autor.

3 ANÁLISE DAS AÇÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Ao realizar uma análise preliminar nas instalações físicas foi constatado que seria possível realizar a redução no consumo relacionado à iluminação e à instalação de módulos fotovoltaicos.

Embora seja obrigatória pelas regras do PEE ANEEL que todas as ações de eficiência energética viáveis sejam executadas antes de serem realizadas as ações relacionadas à geração fotovoltaica, devido à complexidade e dificuldade em conseguir dados precisos para análise do uso do condicionamento ambiental essa etapa foi desconsiderada. Porém é ponto importante que deve ser analisado caso seja realizado um projeto para submeter à avaliação da Celesc sendo que 45% da energia é consumida por esse uso final.

3.1 USO FINAL ILUMINAÇÃO

Neste item será considerada somente a iluminação interna, tentando manter o mesmo conforto visual atendido atualmente. Como a maioria das lâmpadas presentes na BC são fluorescentes tubulares, para a escolha das lâmpadas LED equivalente foram selecionados modelos que possuam uma iluminância equivalente de acordo com a incidência luminosa do conjunto lâmpada mais luminária. Isso é válido devido ao fato da incidência luminosa da lâmpada LED não refletir na luminária.

3.1.1 Levantamento Quantitativo

Ao realizar o levantamento quantitativo de lâmpadas foram identificados três modelos diferentes que podem ser substituídos de forma a apresentar uma relação custo-benefício favorável. Todos os modelos selecionados para a troca estão contidos na tabela de lâmpadas LED do Procel. A Tabela 3 apresenta as características das lâmpadas atuais e as selecionadas para troca.

Tabela 3 - Comparação entre características técnicas das lâmpadas existentes e propostas

Modelos Atuais	Vida útil (h)	Iluminância (lm)	Potência (W)	Eficiência (lm/W)
Philips TLD 32 W	12000	2350	32	73,44
Philips TL5 14W	20000	1260	14,3	88,11
FoxLux EB65.2	15000	3870	65	59,54
Modelos Selecionados	Vida útil (h)	Iluminância (lm)	Potência (W)	Eficiência (lm/W)
Alper ALP-LT8-15W	25000	2100	15	140,00
LuterLED LED T8	36000	1100	10	110,00
Empalux AL40362	25000	4120	40	103,00

Fonte: Catálogos das lâmpadas.

O motivo para a escolha de lâmpadas com iluminância menor é devido à comparação do direcionamento do fluxo luminoso. As lâmpadas fluorescentes tubulares emitem a luz em todas as direções e os refletores das luminárias são responsáveis por orientar o fluxo no sentido correto. De fato, isso resulta em perdas por reflexão relacionadas à eficiência da luminária. As lâmpadas LED tubulares, por sua vez, direcionam todo o fluxo luminoso “para baixo” e tornam o conjunto lâmpada-luminária mais eficiente. Como consequência, é possível atingir o nível de iluminação entregue pelo sistema atual mesmo que a lâmpada possua fluxo luminoso um pouco inferior.

A Tabela 4 apresenta o quantitativo de luminárias total contabilizado em toda biblioteca separados por setores encontrados. Prevê-se a substituição de 2833 lâmpadas ao total, o que permite a redução de um pouco mais de 50% do consumo do sistema de iluminação interna. Os setores que não citam as lâmpadas na tabela são possuem somente Philips TLD 32W e as lâmpadas que não possuem os setores citados estão presentes no segundo andar da BC.

Tabela 4 – Relação da quantidade de luminárias e suas localizações

Localização	N. Luminárias	N. Lâmpadas	Reatores
Primeiro andar	342	684	342
Segundo andar	664	1328	664
Sala de computadores	91	182	91
Direção + outros	90	180	90
DSST + outros	78	156	78
Lâmpadas TL5 14 W	73	292	146
Lâmpadas fluorescentes	11	11	

Fonte: O autor.

A quantidade de reatores por luminária varia de acordo com o número de lâmpadas na mesma. Como existem somente dois tipos de luminárias foi verificado que a cada duas lâmpadas existe um reator. Sendo assim para luminárias com as lâmpadas tubulares de 14 W existem dois reatores, pois existem quatro lâmpadas e para a luminária da lâmpada de 32 W somente um reator.

Foi verificado também que o sistema utiliza predominantemente reatores eletrônicos. A Tabela 5 apresenta as características da potência do conjunto lâmpadas com reatores do sistema.

Devido ao fator de fluxo presente nos reatores do sistema existente, a potência elétrica das lâmpadas de 32 W e 14 W serão limitadas, respectivamente, em 30 W e 13 W. Sendo assim, a potência do conjunto lâmpada-luminária é o especificado na linha “Potência Conjunto” da Tabela 5. Para o cálculo final da redução de consumo será considerado esses valores de potência.

Tabela 5 – Relação da potência dos reatores com a luminária

Reatores	2 x 32 W	2 x 14 W
Tipo	Eletrônico	Eletrônico
Potência lâmpada	30 W	13 W
Perdas Consideradas	4 W	2 W
nº lâmpadas	2	2
Fator de Potência	0,95	0,97
Potência conjunto	64 W	28 W

Fonte: Catálogo dos reatores e lâmpadas.

3.1.2 Horários de Funcionamento

Para o levantamento do tempo que de funcionamento da iluminação foi verificado o horário e os dias de funcionamento de cada setor representado na Tabela 6. Esse levantamento foi realizado por meio de entrevistas com os funcionários de cada setor seus horários de funcionamento e uso das lâmpadas.

Tabela 6 – Horário de funcionamento dos setores

Localização	Horário	Semana	Horário	Sábado	Total (h/ano)
Primeiro andar	07:00	22:00	08:00	20:00	4.200
Segundo andar	07:00	22:00	08:00	20:00	4.200
Sala de computadores	07:00	20:00	08:00	20:00	3.600
Direção + outros	07:00	20:00	---	---	3.060
DSST + outros	07:00	19:00	---	---	2.805
Lâmpadas TL5 14 W	07:00	22:00	08:00	20:00	4.200
Lâmpadas F. compactas	07:00	22:00	08:00	20:00	4.200

Fonte: O autor.

Ao fazer as entrevistas foi necessário realizar a contabilização das lâmpadas que não operam de forma regular, por exemplo, salas de reuniões e auditórios. Para fins de simplificar o diagnóstico essas lâmpadas foram retiradas do cálculo de economia de energia, porém continuam contabilizadas para a realização da substituição.

Os setores que englobam a Direção e DSST (Departamento de Segurança do Trabalho) não funcionam durante todo o expediente, possuindo uma hora de almoço onde as lâmpadas são desligadas.

O horário do primeiro andar, segundo andar, onde estão as lâmpadas 14 W e lâmpadas fluorescentes compactas, são os mesmos, funcionando diariamente e aos sábados. Os outros setores não funcionam durante os sábados.

Para o cálculo de uso no horário de ponta é considerado somente os dias de semana e funcionamento no horário entre 18:30 e 21:30 horas.

Os cálculos e estimativas estão presentes nas Tabelas 7, 8 e 9.

Tabela 7 – Resultados Esperados (iluminação)

RESULTADOS ESPERADOS				TOTAL
17	Redução de demanda na ponta	kW	RDP_i	26,26
18	Custo evitado de demanda (CED) = 425,47	%	RDP_i %	52,02%
19	Energia economizada	MWh/ano	EE_i	153,64
20	Custo da energia evitada (CEE) = 390,21	%	EE_i %	53,36%
Benefício anualizado iluminação			R\$ B_{ILUM}	71.122,84

Fonte: Tabela da Celesc preenchida pelo autor.

Tabela 8 – Cálculo de consumo atual (iluminação)

SISTEMA ATUAL						TOTAL	ilumin 1	ilumin 2	ilumin 3
1	Tipo de equipamento / tecnologia		Potência	W	pla_i		FL. Compact	FL. Tub. 14W	Andares
2	Lâmpadas		Quantidade		qla_i				
4	Potência instalada			kW	Pa_i		0,94	4,09	63,10
	Tempo de utilização do sistema, em um dia			h/dia			14,00	14,00	14,00
5	Dias de utilização do sistema, em um ano			dia/ano			252,00	252,00	252,00
	Funcionamento			h/ano	ha_i		3.528,00	3.528,00	3.528,00
	Meses no ano, de utilização do Sistema no horário de Ponta			meses	NM	12	10	10	10
	Dias úteis no mês, de utilização do Sistema no horário de Ponta			dias	ND	22	22	22	22
6	Horas por dia, de utilização do Sistema no horário de Ponta			horas	NUP	3	2,5	2,5	2,5
	Potência média na ponta			kW	da_i	50,47	0,65	2,84	43,82
	Fator de coincidência na ponta				$FCPa_i$		0,69	0,69	0,69
7	Energia consumida			MWh/ano	Ea_i	287,93	3,30	14,42	222,63
8	Demanda média na ponta			kW	Da_i	50,47	0,65	2,84	43,82

SISTEMA ATUAL						TOTAL	ilumin 4	ilumin 5	ilumin 6
1	Tipo de equipamento / tecnologia		Potência	W	pla_i		Sala comp	DSST	Direção
2	Lâmpadas		Quantidade		qla_i		64	64	64
4	Potência instalada			kW	Pa_i		91	74	87
	Tempo de utilização do sistema, em um dia			h/dia			5,82	4,74	5,57
5	Dias de utilização do sistema, em um ano			dia/ano			12,00	11,00	12,00
	Funcionamento			h/ano	ha_i		252,00	252,00	252,00
	Meses no ano, de utilização do Sistema no horário de Ponta			meses	NM	12	3.024,00	2.772,00	3.024,00
	Dias úteis no mês, de utilização do Sistema no horário de Ponta			dias	ND	22	10	10	10
6	Horas por dia, de utilização do Sistema no horário de Ponta			horas	NUP	3	22	22	22
	Potência média na ponta			kW	da_i	50,47	1	0	1
	Fator de coincidência na ponta				$FCPa_i$		1,62	0,00	1,55
7	Energia consumida			MWh/ano	Ea_i	287,93	0,28	0,00	0,28
8	Demanda média na ponta			kW	Da_i	50,47	17,61	13,13	16,84
							1,62	0,00	1,55

Fonte: Tabela da Celesc preenchida pelo autor.

Tabela 9 – Cálculo de consumo proposto (iluminação)

SISTEMA PROPOSTO													
9	Tipo de equipamento / tecnologia												
10	Lâmpadas	Potência	W	p/p_i									
		Quantidade	q/p_i										
12	Potência instalada	kW	Pp_i										
Tempo de utilização do sistema, em um dia													
13	Dias de utilização do sistema, em um ano												
Funcionamento													
Meses no ano, de utilização do Sistema no horário de Ponta													
Dias úteis no mês, de utilização do Sistema no horário de Ponta													
Horas por dia, de utilização do Sistema no horário de Ponta													
Potência média na ponta													
Fator de coincidência na ponta													
15	Energia consumida												
16	Demanda média na ponta												
SISTEMA PROPOSTO													
9	Tipo de equipamento / tecnologia												
10	Lâmpadas	Potência	W	p/p_i									
		Quantidade	q/p_i										
12	Potência instalada	kW	Pp_i										
Tempo de utilização do sistema, em um dia													
13	Dias de utilização do sistema, em um ano												
Funcionamento													
Meses no ano, de utilização do Sistema no horário de Ponta													
Dias úteis no mês, de utilização do Sistema no horário de Ponta													
Horas por dia, de utilização do Sistema no horário de Ponta													
Potência média na ponta													
Fator de coincidência na ponta													
15	Energia consumida												
16	Demanda média na ponta												

Fonte: Tabela da Celesc preenchida pelo autor.

3.1.3 Equações (iluminação)

A apuração destes resultados é realizada através da utilização das equações 1, 2, 3 e 4.

Energia economizada:

$$EE = \sum_{Sistema\ i} [(pla_i \cdot qla_i + pra_i \cdot qra_i) \cdot ha_i - (plp_i \cdot qlp_i + prp_i \cdot qrp_i) \cdot hp_i] \times 10^{-6} \quad (1)$$

Onde:

- EE - energia economizada (MWh/ano).
- pla_i - potência da lâmpada no sistema i atual (W).
- qla_i - quantidade de lâmpadas no sistema i atual.
- pra_i - potência do reator no sistema i atual (W).
- qra_i - quantidade de reatores no sistema i atual.
- ha_i - tempo de funcionamento do sistema i atual (h/ano).
- plp_i - potência da lâmpada no sistema i proposto (W).
- qlp_i - quantidade de lâmpadas no sistema i proposto.
- prp_i - potência do reator no sistema i proposto (W).
- qrp_i - quantidade de reatores no sistema i proposto.
- hp_i - tempo de funcionamento do sistema i proposto (h/ano).

Cálculo da estimativa do fator de coincidência na ponta:

$$FCP = \frac{nm \cdot nd \cdot nup}{792} \quad (2)$$

Onde:

- FCP - fator de coincidência na ponta.
- nm - número de meses, ao longo do ano, de utilização em horário de ponta (≤ 12 meses).
- nd - número de dias, ao longo do mês, de utilização em horário de ponta (≤ 22 dias).
- nup - número de horas de utilização em horário de ponta (≤ 3 horas).
- 792 - número de horas de ponta disponíveis ao longo de 1 ano.

Redução de demanda na ponta:

$$RDP = \sum_{Sistema\ i} [(pla_i \cdot qla_i + pra_i \cdot qra_i) \cdot FCPa_i - (plp_i \cdot qlp_i + prp_i \cdot qrp_i) \cdot FCPp_i] \times 10^{-3} \quad (3)$$

Onde:

- RDP - redução de demanda na ponta (kW).
- pla_i - potência da lâmpada no sistema i atual (W).
- qla_i - quantidade de lâmpadas no sistema i atual.
- pra_i - potência do reator no sistema i atual (W).
- qra_i - quantidade de reatores no sistema i atual.
- $FCPa_i$ - fator de coincidência na ponta no sistema i atual.
- plp_i - potência da lâmpada no sistema i proposto (W).
- qlp_i - quantidade de lâmpadas no sistema i proposto.
- prp_i - potência do reator no sistema i proposto (W).
- qrp_i - quantidade de reatores no sistema i proposto.
- $FCPp_i$ - fator de coincidência na ponta no sistema i proposto.

Benefício anualizado:

$$B_{ILUM} = EE \cdot CEE + RDP \cdot CED \quad (4)$$

Onde:

- B_{ILUM} - benefício anualizado (R\$/ano).
- EE - energia anual economizada (MWh/ano).
- CEE - custo unitário evitado da energia (R\$/MWh).
- RDP - redução de demanda em horário de ponta (kW).
- CED - custo unitário evitado de demanda (R\$/kWano).

Os valores dos benefícios anualizados foram avaliados sob a ótica do sistema elétrico, valorados conforme metodologia definida no módulo 7 do PROPEE. Foram utilizados os valores dos custos unitários evitados de energia e demanda conforme estabelecido na Chamada Pública PEE CELESC 001/2017:

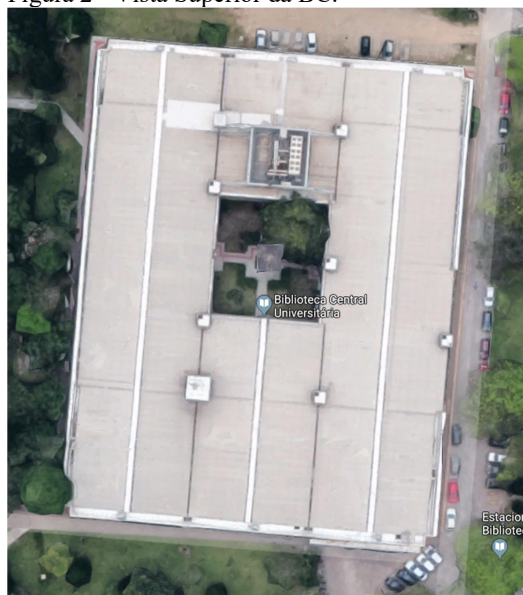
- $CEE = 390,21 \text{ R\$/MWh.}$

- $CED = 425,47 \text{ R\$/kW}$.
- Subgrupo tarifário A4.
- Resolução ANEEL nº 2.436/18.
- Fator de carga 70%.

3.2 FONTES INCENTIVADAS

Ao analisar o formato e a inclinação do telhado da Biblioteca Central foi constatado que seria possível realizar a instalação de um sistema fotovoltaico. Nesta proposta de instalação está previsto a utilização de 576 módulos em conjunto com 6 inversores. Os módulos serão todos instalados no telhado da biblioteca que está mostrado na Figura 2.

Figura 2 - Vista Superior da BC.



Fonte: <https://www.google.com.br/maps/@-27.5993191,-48.519998,137m/data=!3m1!1e3>

O primeiro passo é a decisão de qual modelo de módulos e inversores de frequência pode ser usado. Para isso analisou-se a tabela Procel em conjunto com catálogos de inversores. O processo de decisão

envolve também a realização de cálculos de geração dos módulos e sua compatibilidade com o inversor.

O processo de decisão para escolha dos módulos envolveu a relação custo-benefício e disponibilidade de compra de seis módulos encontrados no mercado. Assim sendo foi realizado os cálculos apresentados a seguir com outros modelos, porém estes não apresentaram resultados mais satisfatórios do que os selecionados e demonstrados a seguir.

Portanto, foram selecionados os seguintes modelos:

- Módulos fotovoltaicos Canadian Solar CS5K – 270P.
- Inversor trifásico Fronius Eco 27.0-3-S

Para realização dos cálculos para estimativa de geração utilizou-se como base a apresentação de Treinamento e Energia Solar Fotovoltaica da WEG. Primeiramente foi necessário obter os dados limites de operação dos módulos e inversores, os quais são apresentados nas Tabelas 10 e 11 que serão necessários para as equações.

Na Tabela 10 estão presentes os dados dos módulos que representam a variação de seu funcionamento em relação com a variação de temperatura e geração.

Tabela 10 – Características módulos fotovoltaicos Canadian Solar CS5K – 270P

ELECTRICAL DATA STC*				
CS6K	265P	270P	275P	280P
Nominal Max. Power (Pmax)	265 W	270 W	275 W	280 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	30.6 V	30.8 V	31.0 V	31.3 V
Opt. Operating Current (Imp)	8.66 A	8.75 A	8.88 A	8.95 A
Open Circuit Voltage (Voc)	37.7 V	37.9 V	38.0 V	38.2 V
Short Circuit Current (Isc)	9.23 A	9.32 A	9.45 A	9.52 A
Module Efficiency	16.19%	16.50%	16.80%	17.11%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C			
Max. System Voltage	1000 V (IEC) or 1000 V (UL)			
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)			
Max. Series Fuse Rating	15 A			
Application Classification	Class A			
Power Tolerance	0 ~ + 5 W			

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.41 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.31 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature (NMOT)	43 ± 2 °C

Fonte: Catálogo do módulo

Na Tabela 11 estão presentes os dados dos inversores que representam a capacidade de geração assim como dados de tensões limites suportadas.

Tabela 11 – Características inversor Fronius Eco 27.0-3-S

DADOS DE ENTRADA	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Max. corrente de entrada ($I_{dc\ max}$)	47.7 A
Max. conjunto corrente curto-circuito	71.6 A
Min. tensão de entrada ($U_{dc\ min}$)	580 V
Feed-in tensão de entrada ($U_{dc\ start}$)	650 V
Tensão nominal de entrada ($U_{dc,r}$)	580 V
Max. tensão de entrada ($U_{dc\ max}$)	1,000 V
Faixa de tensão MPP ($U_{mpp\ min} - U_{mpp\ max}$)	580 - 850 V
Numero de rastreadores MPP	1
Numero de conexões CC	6
DADOS DE SAÍDA	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Tensão nominal de saída ($P_{ac,r}$)	27,000 W
Max.potência de saída	27,000 VA
Max. corrente de saída ($I_{ac\ nom}$)	39.0 A
Conexão a rede (faixa de tensão)	3-NPE 380 V / 220 V or 3-NPE 400 V / 230 V (+20 % / - 30 %)
Frequencia	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)
Distorção harmônica total	< 2.0 %
Fator de potência ($\cos \varphi_{ac,r}$)	0 - 1 ind. / cap.

Fonte: Catálogo do inversor

3.2.1 Levantamento Quantitativo

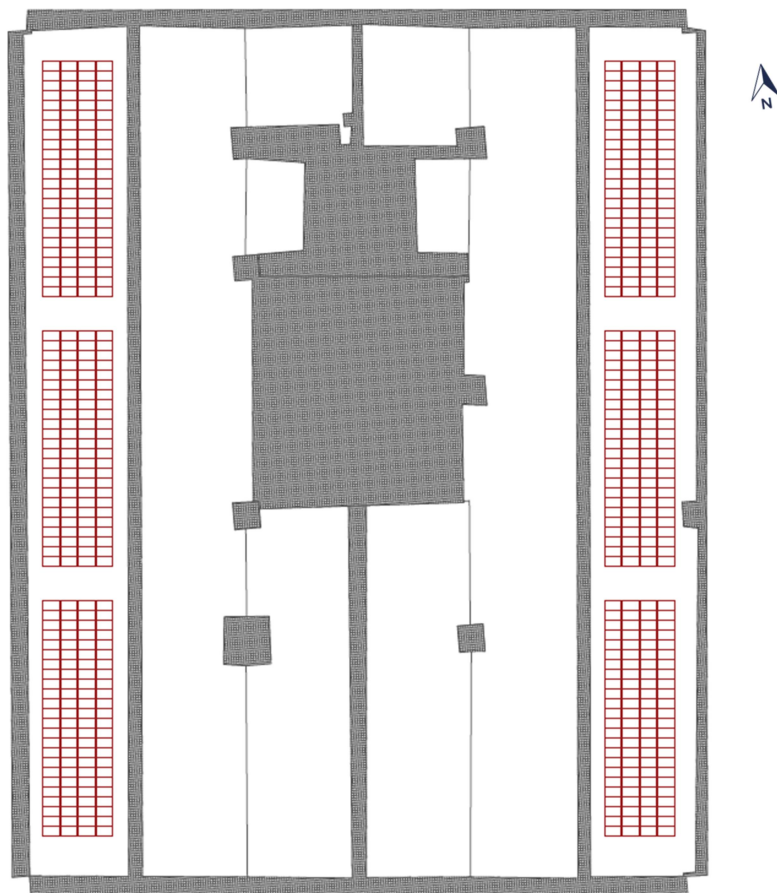
As equações 5, 6 e 7 definem a quantidade máxima de módulos que podem ser ligados em série e paralelo de forma a respeitar os limites de geração do inversor. É de suma importância respeitar esses limites para obter a utilização ótima do conjunto inversor e módulo sem representar riscos de surtos do sistema.

A partir dos cálculos foi definida a utilização de 24 módulos em série, sendo calculada uma tensão máxima de 966 V e tensão mínima de 587,7 V, estando dentro dos limites estabelecidos no catálogo do inversor.

Para decidir a quantidade de *strings* em paralelo foi respeitado as potências máximas de geração. Dessa forma foi definido a utilização de 4 linhas, totalizando 96 módulos com uma potência máxima gerada de 25,92 kW, dentro do limite de geração máxima do inversor.

Considerando a área de cobertura da biblioteca pode-se definir a quantidade de módulos totais que podem ser instalados, limitando-se a área disponível. A Figura 3 mostra o posicionamento dos módulos que podem ser instalados, separando por inversor. É possível a instalação de 576 módulos, utilizando seis inversores com uma geração de pico total do conjunto de 155,52 kWp.

Figura 3 - Desenho representativo do posicionamento dos módulos.



Fonte: O autor

3.2.2 Cálculo da geração esperada

Para o cálculo de geração foram recolhidos dados médios de irradiação solar na área da BC. A Tabela 12 exibe diversos ângulos de radiação incidentes. O ângulo de fixação ideal de 26° não será viável de ser realizado devido à estrutura do telhado, portanto será realizada a fixação na própria estrutura do telhado que possui inclinação aproximada de 10° .

Tabela 12 – Radiação solar incidente na Biblioteca Central da UFSC
-27°35'58", -48°31'12"
Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

Site Data	PV Power Calculator
PVOUT ⚡	1358 kWh/kWp per year <input checked="" type="checkbox"/>
GHI	1585 kWh/m² per year
DNI	1318 kWh/m² per year
DIF	704 kWh/m² per year
GTI	1710 kWh/m² per year
OPTA	25 ° / 0 °
TEMP	20.5 °C <input checked="" type="checkbox"/>
ELE	18 m <input checked="" type="checkbox"/>

Fonte: <https://globalsolaratlas.info/?c=-27.599257,-48.519542,20&s=-27.599458,-48.519898&m=mapbox:simple&e=1>

No mesmo site onde foram retirados os dados de irradiação existe um simulador de geração que foi utilizado como comparativo para o valor que calculado. Como pode ser observado na Tabela 13, o dado “PVout” que representa a geração total estimada em um ano de 199,95 MWh/ano.

Tabela 13 – Simulação de Geração na Biblioteca Central da UFSC

The screenshot shows a web-based simulation interface for a PV system. The 'Type of PV system' is set to 'Medium-size commercial'. The 'System Size kWp' is 155,52. The 'Azimuth °' is 0 and the 'Inclination °' is 10. There is an unchecked checkbox for 'use optimum'. A button labeled 'CALCULATE PV POWER OUTPUT' is present. Below the button, the results are displayed: 'PVOUT' is 199950 kWh per year and 'GTI' is 1664 kWh/m² per year. A toggle switch is visible next to the PVOUT value.

Type of PV system	Medium-size commercial
System Size kWp	155,52
Azimuth °	0
Inclination °	10
	<input type="checkbox"/> use optimum
CALCULATE PV POWER OUTPUT	
PVOUT	199950 kWh per year
GTI	1664 kWh/m² per year

Fonte: <https://globalsolaratlas.info/?c=-27.599246,-48.519407,19&s=-27.599272,-48.519852&m=mapbox:simple>

Devido à inclinação não ser ideal não será utilizado o valor da GTI (Global Tilted Irradiation), portanto a fim de manter os cálculos conservadores será utilizado a GHI (Global Horizontal Irradiation). A GTI representa a radiação máxima que um módulo com o posicionamento ideal conseguiria captar, já a GHI é radiação incidida em módulo sem inclinação.

Outro motivo para usar a GHI é realizar os cálculos das ações de forma conservadora, evitando problema de aumento da RCB durante as fases finais de medição e verificação.

Utilizando a Equação 8 foi obtido uma geração anual esperada de 184,87 MWh/ano, valor inferior ao do simulador, porém sendo um resultado esperado devido a não utilização do GTI. Isto representa uma geração diária média de 506,5 kWh/dia.

3.2.3 Equações (Fonte Incentivada)

Tensão máxima:

$$V_{m\acute{a}x} = N \cdot V_{oc} \cdot (1 - \beta_{Voc} \cdot (25 - T_{m\acute{i}n})) \quad (5)$$

Onde:

- $V_{m\acute{a}x}$ – tensão máxima suportada pelo inversor (V).
- N – número de módulos em série.
- V_{oc} – tensão de circuito aberto de um módulo (V).
- β_{Voc} – coeficiente de temperatura V_{oc} (%/°C).
- $T_{m\acute{i}n}$ – temperatura mínima de operação (°C).

Tensão mínima:

$$V_{m\acute{i}n} = N \cdot V_{mp} \cdot (1 - \beta_{Pm\acute{a}x} \cdot (25 - T_{m\acute{a}x})) \quad (6)$$

Onde:

- $V_{m\acute{i}n}$ – tensão mínima para geração do inversor (V).
- N – número de módulos em série.
- V_{mp} – tensão de operação de um módulo (V).
- $\beta_{Pm\acute{a}x}$ – coeficiente de temperatura de operação (%/°C).
- $T_{m\acute{a}x}$ – temperatura máxima de operação (°C).

Potência máxima gerada:

$$P_{m\acute{a}x} = N \cdot Y \cdot P_m \quad (7)$$

Onde:

- $P_{m\acute{a}x}$ – potência limite do inversor (W).

- N – número de módulos em série.
- Y – número de *strings* em paralelo.
- P_m – potência máxima de geração do módulo (W).

Geração esperada:

$$E = \frac{P_{FV} \cdot GHI \cdot TD}{G_{stc}} \quad (8)$$

Onde:

- E – energia gerada em um ano (MWh/ano).
- P_{FV} – potência de pico do sistema fotovoltaico (kWp).
- GHI – radiação global horizontal (kWh/m² por ano).
- TD – taxa de desempenho 75%.
- G_{stc} – irradiação na STC (1000 W/m²).

3.3 TREINAMENTO E CAPACITAÇÃO

Em atendimento ao item “8.12 TREINAMENTO E CAPACITAÇÃO” do edital da Chamada Pública PEE CELESC nº 001/2017, foram previstas a quantidade de quatro palestras com instrutor que possui experiência na área de eficiência energética, preferencialmente Engenheiro Eletricista. As ações de treinamento e capacitação previstas têm por objetivo estimular e consolidar as práticas de eficiência energética realizados na Biblioteca Central, bem como difundir os seus conceitos.

3.3.1 Conteúdo programático

Conteúdo programático mínimo exigido pelo Edital da Chamada Pública PEE CELESC nº 001/2017, e demais itens inclusos:

- Objetivos do Programa de Eficiência Energética, executado pela CELESC e regulado pela ANEEL.
- Objetivos do projeto de eficiência energética a ser executado.
- Operação e manutenção dos equipamentos adquiridos.
- Dicas de economia no ambiente de trabalho.
- Dicas de economia na residência.
- Explicação sobre os principais consumidores de energia elétrica nas residências.

- De onde vem a energia elétrica.
- Definição de horário de ponta e fora de ponta.
- Mudança de hábitos para promover economia de energia elétrica.
- Entendendo a fatura de energia elétrica.

3.3.2 Instrutor

As palestras serão ministradas por instrutor que possui experiência na área de eficiência energética, preferencialmente Engenheiro Eletricista.

3.3.3 Público alvo

O público-alvo consistirá em alunos e funcionários da universidade (100% dos colaboradores).

3.3.4 Carga horária

A carga horária mínima estipulada será de palestras com duração de 1,5 horas.

3.3.5 Cronograma

Conforme o cronograma físico, as palestras serão ministradas quatro vezes durante o ano de execução do projeto, sendo duas palestras ministradas antes da execução da ação de eficiência energética e duas palestras realizadas após a implantação da ação de eficiência energética.

3.3.6 Local

O local para “Treinamento e Capacitação” será em auditório cedido pela universidade, em suas próprias instalações. Preferencialmente dentro da Biblioteca Central onde será realizado as ações de eficiência energética.

3.4 MARKETING E DIVULGAÇÃO

Em atendimento ao item “8.11 AÇÕES DE MARKETING E DIVULGAÇÃO” do edital da Chamada Pública PEE CELESC nº 001/2017, foram previstos os itens que compõem a Tabela 14. As ações

de marketing consistem na divulgação das ações executadas em projetos de eficiência energética, com o objetivo de disseminar o conhecimento e as práticas voltadas à eficiência energética, promovendo a mudança de comportamento do consumidor.

Tabela 14 - Descrição das ações de Marketing e Divulgação previstas para o projeto.

Descrição do item	Quantidade
1 Folders Orientativos	2.000
2 Adesivos Luminárias	2.500
4 Vídeo do projeto	1
5 Placa do projeto	1

Fonte: Tabela da Celesc preenchida pelo autor.

- Instalação de uma placa informativa de obra com três metros de largura e um metro e cinquenta centímetros de altura com as principais informações do projeto. A instalação se dará na área externa da entrada da BC, local com maior visibilidade para promover a obra.
- Elaboração e confecção de 2000 folders orientativos sobre o uso racional de energia elétrica.
- Elaboração e confecção de 1000 adesivos que serão utilizados em interruptores e computadores, conscientizando sobre o uso racional de energia elétrica.
- Elaboração e confecção de 1500 adesivos que serão utilizados nas luminárias para identificação dos equipamentos.
- Elaboração, produção e execução de um vídeo com duração entre quatro e seis minutos, apresentando e explicando as fases do projeto, as ações de eficiência energética, as atividades de treinamento e capacitação, a manufatura reversa (descarte dos materiais) e os benefícios alcançados com sua conclusão.

3.5 DESCARTE

Todos os equipamentos que venham a ser substituídos durante as ações de eficiência energética previstas neste Diagnóstico Energético serão descartados por empresa competente, respeitando as regras estabelecidas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305,

de 02 de agosto de 2010), pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e demais normas aplicáveis à matéria.

No uso final iluminação, esse descarte refere-se a todas as lâmpadas e reatores retirados que fazem parte do escopo deste projeto.

A empresa responsável pelo descarte cumprirá com disposto na ABNT NBR 15833 - Manufatura reversa - Aparelhos de refrigeração e Instrução Normativa nº 14, de 20 de dezembro de 2012, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. Por fim, será emitido Certificado de Destinação Final (CDF), em nome do gerador do resíduo.

4 AVALIAÇÃO DOS CUSTOS

Este capítulo apresenta os cálculos dos custos diretos e indiretos e avaliação dos custos anualizados.

Os custos de materiais e equipamentos, mão de obra de terceiros, treinamento e capacitação, diagnóstico energético, descarte de materiais, medição e verificação e marketing foram obtidos a partir de valores aprovados em projetos anteriores. Foi escolhido realizar o levantamento de valores desta forma devido ao não recebimento de resposta dos fornecedores encontrados.

Os custos de mão de obra própria e transporte foram computados conforme solicitado na chamada pública.

Por fim, nesta proposta de projeto não são aportados recursos do consumidor na forma de contrapartida. Isto se deve ao fato de os cálculos finais provarem uma boa relação custo benefício mesmo sem apresentar uma contrapartida.

4.1 CUSTOS RATEADOS ENTRE USOS FINAIS

Esta seção apresenta todos os custos que são rateados entre os usos finais contemplados nesta proposta de projeto. Este rateio é realizado conforme o percentual de participação do custo de “materiais e equipamentos” de cada uso final em relação ao custo total de “materiais e equipamentos” desta proposta.

4.1.1 Mão de obra Própria

O custo de mão de obra própria refere-se às despesas com mão de obra da CELESC Tabela 15. O cálculo deste custo foi realizado conforme a Fórmula 9 solicitada na chamada pública:

Cálculo para Mão de Obra Celesc:

$$MOP = 384\ Hh \cdot R\$ 103,29 + 0,02 \cdot CTRPP \tag{9}$$

Onde:

- 384 h - Número estimado de homens-horas da CELESC, utilizado por projeto por ano.
- R\$ 103,29 - Custo unitário a ser considerado por homem-hora.
- 0,02 x custo total com recursos próprios do projeto - Correspondem a 2% do custo total com recursos próprios da “proposta de projeto”.
- CTRPP - custo total com recursos próprios do projeto

Tabela 15 – Custos de Mão de Obra Própria Celesc

Tipo de Custo		CUSTOS TOTAIS		ORIGEM DOS RECURSOS	
		R\$	%	Recursos PEE	
Custos Diretos					
Mão de Obra Própria (Concessionária) - MOP	Previsto	R\$	18.930,67	2,00%	R\$ 18.930,67

Fonte: Tabela da Celesc preenchida pelo autor.

Os recursos destinados para mão de obra própria são rateados entre os usos finais contemplados nessa proposta de projeto. Esse rateio é realizado conforme o percentual de participação do custo de “materiais e equipamentos” de cada uso final em relação ao custo total de “materiais e equipamentos” desta proposta.

4.1.2 Transporte

Este item refere-se às despesas da CELESC com reuniões de acompanhamento e inspeção dos serviços a serem realizados durante a execução do projeto. A previsão de despesas para transporte é calculada através da Fórmula 10, como a presente “proposta de projeto” envolve somente a cidade de Florianópolis, a variável distância é desconsiderada.

.

Cálculo custo transporte Celesc:

$$TR = \sum_{i=1}^{12} [400 + 1,4 \cdot (DCF_i)] \quad (10)$$

Onde:

- TR – custo de transporte.
- DCF_i – Distância (em quilômetros) entre Florianópolis e a cidade a ser visitada no mês i .

São previstos um total de 12 visitas em um ano contabilizando o valor de acordo com a Tabela 16.

Tabela 16 – Custos de transporte Celesc

Tipo de Custo		CUSTOS TOTAIS	
		R\$	%
Custos Diretos			
Transporte	Previsto	R\$ 4.800,00	0,51%

Fonte: Tabela da Celesc preenchida pelo autor.

4.1.3 Ações de marketing e divulgação

Como parte do objetivo do Programa de Eficiência Energética da ANEEL de incentivar o desenvolvimento de medidas que promovam a eficiência energética e o combate ao desperdício de energia elétrica fazem parte dessa “proposta de projeto” ações de Marketing e Divulgação. São listadas abaixo as ações de divulgação previstas para esta “proposta de projeto”.

A Tabela 17 apresenta os custos referentes às ações de marketing e divulgação.

Tabela 17 – Custos dos materiais e serviços (marketing)

				ORIGEM DOS RECURSOS		
Descrição do item	Quantidade	Preço unitário	Total	PEE	Terceiros	
1 Folders Orientativos	2.000,00	R\$ 1,90	R\$ 3.800,00	R\$ 3.800,00		
2 Adesivos	2.500,00	R\$ 1,00	R\$ 2.500,00	R\$ 2.500,00		
4 Vídeo do projeto	1,00	R\$ 15.000,00	R\$ 15.000,00	R\$ 15.000,00		
5 Placa do projeto	1,00	R\$ 2.800,00	R\$ 2.800,00	R\$ 2.800,00		
Marketing			R\$ 24.100,00	R\$ 24.100,00	R\$ -	
DIVISÃO DOS CUSTOS POR USO FINAL				ORIGEM DOS RECURSOS		
Uso Final			Total	PEE	Terceiros	
Iluminação			R\$ 1.941,78	R\$ 1.941,78	R\$ -	
Fonte Incentivada			R\$ 22.158,22	R\$ 22.158,22	R\$ -	
Marketing			R\$ 24.100,00	R\$ 24.100,00	R\$ -	

Fonte: Tabela da Celesc preenchida pelo autor.

Os recursos destinados para marketing são rateados entre os usos finais contemplados nessa proposta de projeto. Esse rateio é realizado conforme o percentual de participação do custo de “materiais e equipamentos” de cada uso final em relação ao custo total de “materiais e equipamentos” dessa proposta.

4.1.4 Treinamento e capacitação

A Tabela 18 apresenta o custo para treinamento e capacitação. As ações serão divididas em quatro eventos e incluem uma abordagem geral sobre eficiência energética, assim como os objetivos do programa de eficiência energética e operação e manutenção dos equipamentos adquiridos.

Tabela 18 – Custos de treinamento

TREINAMENTO				ORIGEM DOS RECURSOS		
Descrição do item	Quantidade	Preço unitário	Total	PEE	Terceiros	
1 Palestras 1,5 horas	4,00	R\$ 3.000,00	R\$ 12.000,00	R\$ 12.000,00		
DIVISÃO DOS CUSTOS POR USO FINAL				ORIGEM DOS RECURSOS		
Uso Final			Total	PEE	Terceiros	
Iluminação			R\$ 966,86	R\$ 966,86	R\$ -	
Fonte Incentivada			R\$ 11.033,14	R\$ 11.033,14	R\$ -	
TREINAMENTO E CAPACITAÇÃO			R\$ 12.000,00	R\$ 12.000,00	R\$ -	

Fonte: Tabela da Celesc preenchida pelo autor.

Os recursos destinados para treinamento e capacitação são rateados entre os usos finais contemplados nesta proposta de projeto. Esse rateio é realizado conforme o percentual de participação do custo de “materiais e equipamentos” de cada uso final em relação ao custo total de “materiais e equipamentos” dessa proposta.

4.2 USO FINAL ILUMINAÇÃO

4.2.1 Materiais e equipamentos

A Tabela 19 apresenta os custos referentes a materiais e equipamentos do projeto em questão para o uso final iluminação.

Tabela 19 – Custos dos Materiais e equipamentos (iluminação)

Materiais e equipamentos	Vida útil	Quantidade	Preço unitário	Custo total	PEE
1 Lâmpadas Tubular LED 15 W	7,09	2.530,00	R\$ 20,90	R\$ 52.877,00	R\$ 52.877,00
2 Lâmpadas Tubular LED 10 W	10,20	292,00	R\$ 15,90	R\$ 4.642,80	R\$ 4.642,80
3 Lâmpadas Bulbo 40 W	7,09	11,00	R\$ 49,90	R\$ 548,90	R\$ 548,90
Sub total - Materiais e equipamentos iluminação				R\$ 58.068,70	R\$ 58.068,70

Fonte: Tabela da Celesc preenchida pelo autor.

4.2.2 Mão de obra

A Tabela 20 apresenta os custos de mão de obra do uso final iluminação.

Tabela 20 – Custos de Mão de Obra (Iluminação)

Tipo de custo				Custo total	PEE
Mão de obra própria				R\$ 4.066,71	R\$ 4.066,71
Mão de obra de	Quantidade	Horas	Valor da hora	Custo total	PEE
1 Entrega Lâmpadas	2.833,00	1,00	R\$ 0,80	R\$ 2.266,40	R\$ 2.266,40
2 Operacionalização	2.833,00	1,00	R\$ 8,90	R\$ 25.213,70	R\$ 25.213,70
Sub total - Mão de obra de terceiros iluminação				R\$ 27.480,10	R\$ 27.480,10
Sub total - Mão de obra iluminação				R\$ 31.546,81	R\$ 31.546,81

Fonte: Tabela da Celesc preenchida pelo autor.

O custo da mão de obra de instalação foi obtido a partir do custo estimado por instalação de lâmpada. A atividade a ser executada por luminária inclui a retirada das lâmpadas fluorescentes e os reatores, a adequação da ligação elétrica conforme recomendado pelo fabricante e a colocação das lâmpadas LED tubulares conforme proposto, mantendo a luminária existente. Os serviços deverão ser executados por eletricitista capacitado com curso de NR-10 e NR-35 para as luminárias em altura elevada.

4.2.3 Descarte

Após a substituição de todas as lâmpadas, as descartadas e reatores serão coletados por uma empresa de reciclagem devidamente

certificada conforme as normas requeridas na Chamada Pública. Os custos referentes a esse processo estão descritos na Tabela 21.

Tabela 21 – Custos de Descarte (Iluminação)

Descrição do equipamento	Quantidade	Preço unitário	Total	PEE
1 Lâmpada F. 32 W	2.530	R\$ 0,70	R\$ 1.771,00	R\$ 1.771,00
2 Lâmpada F. 14 W	292	R\$ 0,70	R\$ 204,40	R\$ 204,40
3 Lâmpada F. 85 W	11	R\$ 1,00	R\$ 11,00	R\$ 11,00
4 Reatores	1.411	R\$ 1,50	R\$ 2.116,50	R\$ 2.116,50
Sub total - Custos descarte de equipamentos iluminação			R\$ 4.102,90	R\$ 4.102,90

Fonte: Tabela da Celesc preenchida pelo autor.

4.2.4 Medição e Verificação

Os custos com medição e verificação foram computados a partir do custo unitário por amostra. A quantidade de amostras a serem medidas por tipo de equipamento tanto no período de linha de base como no período de determinação da economia foram calculadas conforme metodologia apresentada no próximo capítulo. As Tabelas 22 e 23 apresentam o detalhamento dos custos de M&V por equipamento.

Tabela 22 – Custos de M&V Período de Referência (Iluminação)

Descrição do equipamento	CV	População	Amostragem	Preço unitário	Total	PEE
1 Lâmpada F. 32 W	0,50	1.265,00	89,00	R\$ 45,00	R\$ 4.005,00	R\$ 4.005,00
2 Lâmpada F. 14 W	0,50	146,00	58,00	R\$ 45,00	R\$ 2.610,00	R\$ 2.610,00
3 Lâmpada F. 85 W	0,50	11,00	10,00	R\$ 45,00	R\$ 450,00	R\$ 450,00
Sub total - Custos medição e verificação iluminação - Período de referência					R\$ 7.065,00	R\$ 7.065,00

Fonte: Tabela da Celesc preenchida pelo autor.

Tabela 23 – Custos de M&V Período Pós-Retrofit (Iluminação)

Descrição do equipamento	CV	População	Amostragem	Preço unitário	Total	PEE
1 Lâmpadas Tubular LED 15 W	0,50	1.265,00	89,00	R\$ 45,00	R\$ 4.005,00	R\$ 4.005,00
2 Lâmpadas Tubular LED 10 W	0,50	146,00	58,00	R\$ 45,00	R\$ 2.610,00	R\$ 2.610,00
3 Lâmpadas Bulbo 40 W	0,50	11,00	10,00	R\$ 45,00	R\$ 450,00	R\$ 450,00
Sub total - Custos medição e verificação iluminação - Período pós-retrofit					R\$ 7.065,00	R\$ 7.065,00

Fonte: Tabela da Celesc preenchida pelo autor.

4.2.5 Outros Custos

Outros custos diretos e indiretos do projeto ainda são rateados entre os usos finais. A Tabela 24 apresenta esses custos para uso iluminação. Esses são custos já calculados anteriormente, porém nesta tabela são colocados juntamente com o uso final de iluminação para serem utilizados no cálculo de relação custo benefício.

Tabela 24 – Outros Custos (Iluminação)

TRANSPORTE E OUTROS CUSTOS DIRETOS			
Tipo de custo	Custo total		PEE
Transporte	R\$	386,74	R\$ 386,74
e e outros custos diretos iluminação	R\$	386,74	R\$ 386,74
Sub total - Custos diretos iluminação	R\$	87.462,71	R\$ 87.462,71
CUSTOS INDIRETOS			
Tipo de custo	Custo total		PEE
Marketing (Divulgação)	R\$	1.941,78	R\$ 1.941,78
Treinamento e capacitação	R\$	966,86	R\$ 966,86
Descarte de materiais	R\$	4.102,90	R\$ 4.102,90
Medição e verificação	R\$	14.130,00	R\$ 14.130,00
Sub total - Custos indiretos iluminação	R\$	21.141,54	R\$ 21.141,54

Fonte: Tabela da Celesc preenchida pelo autor.

4.2.6 Custos anualizados

Depois de computados todos os custos diretos e indiretos do projeto no uso iluminação, foram avaliados os custos anualizados sob a ótica do Programa de Eficiência Energética considerando-se os recursos alocados como aporte de origem do PEE. A Tabela 25 apresenta os custos anualizados por equipamento e o total.

Tabela 25 – Custos Anualizados (Iluminação)

MATERIAIS E EQUIPAMENTOS				
Materiais e equipamentos		Vida útil	FRC	CA
1	Lâmpadas Tubular LED 15 W	7,09	0,19031	R\$ 12.911,98
2	Lâmpadas Tubular LED 10 W	10,20	0,14705	R\$ 876,02
3	Lâmpadas Bulbo 40 W	7,09	0,19031	R\$ 134,04
Custo anualizado total iluminação			CA _{T ILUM}	R\$ 13.922,04
Custo anualizado PEE iluminação			CA _{PEE ILUM}	R\$ 13.922,04

Fonte: Tabela da Celesc preenchida pelo autor.

O cálculo dos custos anualizados segue a metodologia descrita no módulo 7 do PROPEE, conforme equações 11, 12, 13, 14 e 15.

Custo total anualizado:

$$CA_T = \sum_n CA_n \quad (11)$$

Onde:

- CA_T - custo anualizado total (R\$/ano).

- CA_n - custo anualizado de cada equipamento incluindo custos relacionados (R\$/ano).

Custo anualizado por equipamento:

$$CA_n = CE_n \cdot \frac{CT}{CE_T} \cdot FRC_u \quad (12)$$

Onde:

- CA_n - custo anualizado de cada equipamento incluindo custos relacionados (R\$/ano).
- CE_n - custo de cada equipamento (R\$).
- CT - custo total do projeto (R\$).
- CE_T - custo total em equipamentos (R\$).
- FRC_u - fator de recuperação do capital para u anos (1/ano).
- u - vida útil dos equipamentos (ano).

Fator de recuperação de capital:

$$FRC_u = \frac{i \cdot (1+i)^u}{(1+i)^u - 1} \quad (13)$$

Onde:

- FRC_u - fator de recuperação do capital para u anos (1/ano).
- i - taxa de desconto considerada 8% conforme chamada pública.
- u - vida útil dos equipamentos (ano).

Vida útil de lâmpadas:

$$u = \frac{\text{Vida útil da lâmpada (em horas)}}{\text{Tempo de utilização (em horas/ano)}} \quad (14)$$

Onde:

- u - vida útil das lâmpadas (ano).
- Vida útil da lâmpada (em horas) – dados técnicos dos fabricantes.
- Tempo de utilização (em horas/ano)

Custo total em equipamentos:

$$CE_T = \sum_n CE_n \quad (15)$$

Onde:

- CE_T - custo total em equipamentos (R\$).
- CE_n - custo de cada equipamento (R\$).

4.3 FONTES INCENTIVADAS

4.3.1 Materiais e equipamentos

A Tabela 26 apresenta os custos referentes a materiais e equipamentos do projeto em questão para o uso final para fonte incentivada.

Tabela 26 – Custos dos Materiais e equipamentos (Fonte incentivada)

Materiais e equipamentos		Vida útil	Quantidade	Preço unitário	Custo total	PEE
1	Módulos fotovoltaicos Canadian 270 W	25,00	576,00	R\$ 890,00	R\$ 512.640,00	R\$ 512.640,00
2	Inversores de frequência Fronius Eco 27 kW	15,00	6,00	R\$ 25.000,00	R\$ 150.000,00	R\$ 150.000,00
Sub total - Materiais e equipamentos fontes incentivadas					R\$ 662.640,00	R\$ 662.640,00

Fonte: Tabela da Celesc preenchida pelo autor.

4.3.2 Mão de obra

A Tabela 27 apresenta os custos de mão de obra do uso final para fonte incentivada

Tabela 27 – Custos de Mão de Obra (Fonte incentivada)

Tipo de custo				Custo total	PEE
Mão de obra própria				R\$ 17.426,99	R\$ 17.426,99
Mão de obra de	Quantidade	Horas	Valor da hora	Custo total	PEE
1 Operacionalização	576,00	1,00	R\$ 119,50	R\$ 68.832,00	R\$ 68.832,00
2 ART	1,00	1,00	R\$ 100,00	R\$ 100,00	R\$ 100,00
Sub total - Mão de obra de terceiros fontes incentivadas				R\$ 68.932,00	R\$ 68.932,00
Sub total - Mão de obra fontes incentivadas				R\$ 86.358,99	R\$ 86.358,99

Fonte: Tabela da Celesc preenchida pelo autor.

O custo da mão de obra de instalação foi obtido a partir do custo estimado por módulo, incluindo o custo de peças de pequena monta (parafusos, porcas entre outros). A atividade a ser executada por módulo inclui a fixação dos módulos na estrutura do telhado da biblioteca e

todas as ligações elétricas envolvidas entre os módulos, inversores e a rede. Os serviços deverão ser executados por eletricista capacitado com curso de NR-10 e NR-35.

4.3.3 Medição e verificação

Os custos com medição e verificação foram computados a partir do custo unitário por amostra. Tendo somente seis inversores será realizado o processo de medição e verificação para todos eles, utilizando a memória de massa dos inversores. Os custos relacionados ao M&V para fonte incentivada se refere principalmente ao custo de mão de obra para o tratamento dos dados e compra dos dados de irradiação para análise. A Tabela 28 representa a estimativa destes custos.

Tabela 28 – Custos de M&V (Fonte incentivada)

Descrição do equipamento	CV	População	Amostragem	Preço unitário	Total	PEE
1 Fonte Incentivada	0,50	6,00	6,00	R\$ 5.000,00	R\$ 30.000,00	R\$ 30.000,00

Fonte: Tabela da Celesc preenchida pelo autor.

4.3.4 Outros Custos

Outros custos diretos e indiretos do projeto ainda são rateados entre os usos finais. A Tabela 29 apresenta estes custos para uso final da fonte incentivada. Estes são custos já calculados anteriormente, porém nesta tabela são colocados juntamente com o uso final da fonte incentivada para serem utilizados no cálculo de relação custo benefício. Como os gastos com materiais para o uso final para fontes incentivadas são muito superiores aos gastos com iluminação, consequentemente a maior parcela dos custos diretos e indiretos são relacionados a esse uso final.

Tabela 29 – Outros Custos (Fonte Incentivada)

TRANSPORTE E OUTROS CUSTOS DIRETOS		
Tipo de custo	Custo total	PEE
Transporte	R\$ 4.413,26	R\$ 4.413,26
Sub total - Transporte e outros custos diretos	R\$ 4.413,26	R\$ 4.413,26
CUSTOS INDIRETOS		
Tipo de custo	Custo total	PEE
Marketing (Divulgação)	R\$ 22.158,22	R\$ 22.158,22
Treinamento e capacitação	R\$ 11.033,14	R\$ 11.033,14
Medição e verificação	R\$ 30.000,00	R\$ 30.000,00
Sub total - Custos indiretos fontes incentivadas	R\$ 63.191,36	R\$ 63.191,36

Fonte: Tabela da Celesc preenchida pelo autor.

4.3.5 Custos Anualizados

Depois de computados todos os custos diretos e indiretos do projeto, foram avaliados os custos anualizados sob a ótica do Programa de Eficiência Energética considerando-se os recursos alocados como aporte de origem do PEE. A Tabela 30 apresenta os custos anualizados por equipamento e o total.

Tabela 30 – Custos Anualizados (Fonte Incentivada)

MATERIAIS E EQUIPAMENTOS				
Materiais e equipamentos		Vida útil	FRC	CA
1	Módulos fotovoltaicos Canadian 270 W	25,00	0,09368	R\$ 63.149,28
4	Inversores de frequência Fronius Eco 27 kW	15,00	0,11683	R\$ 23.044,04
Custo anualizado total fontes incentivadas			CA _{T_FI}	R\$ 86.193,32

Fonte: Tabela da Celesc preenchida pelo autor.

O cálculo dos custos anualizados segue a metodologia descrita no módulo 7 do PROPEE, conforme demonstrado no capítulo anterior com as equações 11, 12, 13, 14 e 15.

4.4 CUSTOS TOTAIS

A Tabela 31 apresenta os custos totais do projeto por categoria contábil. Como podem ser observados na tabela, todos os recursos serão de origem do programa de eficiência energética gerando custo nulo para a universidade.

A Tabela 32 apresenta cálculo dos valores limite para esta proposta de projeto, conforme definido no Edital da Chamada Pública, demonstrando que todos os valores se encontram dentro da faixa de valores permitidos.

Finalizando a Tabela 33 mostra a visão dos custos do projeto separados de acordo com cada uso final proposto.

Tabela 31 – Custos por categoria contábil e origem dos recursos

Tipo de Custo	CUSTOS TOTAIS	
	R\$	%
Custos Diretos		
Elaboração do Projeto (Diagnóstico)	R\$ -	0,00%
Materiais e Equipamentos	R\$ 720.708,70	77,94%
Mão de Obra Própria (Concessionária) - MOP	R\$ 18.494,97	2,00%
Mão de Obra de Terceiros - MOT	R\$ 96.412,10	10,43%
Transporte	R\$ 4.800,00	0,52%
Outros custos diretos	R\$ -	0,00%
Custos Indiretos		
Administração Própria	R\$ -	0,00%
Marketing (Divulgação)	R\$ 24.100,00	2,61%
Auditoria Contábil Financeira	R\$ -	0,00%
Descarte de Materiais	R\$ 4.102,90	0,44%
Medição & Verificação - M&V	R\$ 44.130,00	4,77%
Treinamento e Capacitação	R\$ 12.000,00	1,30%
Outros custos indiretos	R\$ -	0,00%
Total	R\$ 924.748,67	100,00%

Fonte: Tabela da Celesc preenchida pelo autor.

Tabela 32 – Valores limite para as propostas de projeto

LIMITADORES		
Descrição	Limites	Calculado
(Adm. Própria + Marketing) / Custo Total do Projeto	5,00%	2,61%
(Diagnóstico + MOT + M&V + Descarte) / Materiais e Equipamentos	35,00%	20,07%
M&V/Custo Total do Projeto	5,00%	4,87%
Treinamento e Capacitação / Custo Total do Projeto	5,00%	1,32%

Fonte: Tabela da Celesc preenchida pelo autor.

Tabela 33 – Custos por usos finais propostos

Custo Contábil - Por Uso Final			
Sistema Tipo de Custo	Iluminação	Fonte Incentivada	TOTAL
Custos Diretos			
Materiais e Equipamentos	R\$ 58.068,70	R\$ 662.640,00	R\$ 720.708,70
	8,06%	91,94%	100,00%
Mão de Obra Própria (Concessionária)	R\$ 1.490,17	R\$ 17.004,80	R\$ 18.494,97
Mão de Obra de Terceiros	R\$ 27.480,10	R\$ 68.932,00	R\$ 96.412,10
Transporte	R\$ 386,74	R\$ 4.413,26	R\$ 4.800,00
Custos Indiretos			
Administração Própria	R\$ -	R\$ -	R\$ -
Marketing (Divulgação)	R\$ 1.941,78	R\$ 22.158,22	R\$ 24.100,00
Auditoria Contábil Financeira	R\$ -	R\$ -	R\$ -
Descarte de Materiais	R\$ 4.102,90	R\$ -	R\$ 4.102,90
Medição & Verificação	R\$ 14.130,00	R\$ 30.000,00	R\$ 44.130,00
Treinamento e Capacitação	R\$ 966,86	R\$ 11.033,14	R\$ 12.000,00
Outros custos indiretos	R\$ -	R\$ -	R\$ -
Total	R\$ 108.567,25	R\$ 816.181,42	R\$ 924.748,67
Total de serviços	R\$ 50.498,55	R\$ 153.541,42	R\$ 204.039,97

Fonte: Tabela da Celesc preenchida pelo autor.

4.5 AVALIAÇÃO EX ANTE

A avaliação ex ante, representa o resultado do diagnóstico antes de sua execução, esta etapa é necessária para validar o projeto, sendo que a avaliação posterior à execução deve ser virtualmente igual a este resultado.

Com base na avaliação de economia e de custos para cada um dos usos finais propostos neste projeto, é possível calcular a relação custo-benefício. Nesta etapa é calculado o RCB do ponto de vista do PEE da Celesc, onde os benefícios são comparados aos custos aportados pelo PEE. Como este projeto foi proposto somente com fundos do PEE o RCB é apresentado sob a ótica do sistema elétrico.

O cálculo da relação custo-benefício segue a metodologia descrita no módulo 7 do PROPEE, conforme equação 16:

$$RCB = \frac{CA_T}{BA_T} \quad (16)$$

Onde:

- RCB - relação custo-benefício.
- CA_T - custo anualizado total (R\$/ano).
- BA_T - benefício anualizado (R\$/ano).

A Tabela 34 apresenta o cálculo da relação custo-benefício do projeto dos pontos de vista do sistema elétrico e do PEE. Como é possível notar, apresenta os resultados de cada um dos usos finais propostos.

Tabela 34 – Cálculo da relação custo-benefício do ponto de vista do sistema elétrico e PEE

Uso final	EE Energia Economizada (MWh/ano)	RDP Redução de Demanda na Ponta (kW)	CA _r Custo Anualizado	BA Benefício Anualizado	RCB Por Uso Final	RCB _{PEE}
Iluminação	153,64	26,26	R\$ 13.922,04	R\$ 71.122,84	0,20	0,64
Fontes Incentivadas	184,87	0,00	R\$ 84.105,21	R\$ 82.832,97	1,02	
TOTAL	338,51	26,26	R\$ 98.027,25	R\$ 153.955,82	0,64	

Fonte: Tabela da Celesc preenchida pelo autor.

O valor de RCB do ponto de vista do sistema elétrico considerando apenas a parcela aportada pelo PEE é considerado um dos principais critérios de projeto para pontuação e classificação das propostas de projeto.

Como este é um projeto com fontes incentivadas, deve possuir uma relação custo benefício (RCB) menor ou igual a 0,95, regra estabelecida no edital para se possuir uma margem de folga. O valor alcançado de 0,64 estando abaixo desse limite e acreditando-se que seja alcançada uma boa avaliação.

Outros índices são também calculados, destacando-se financiamento solicitado em termos de R\$/MWh economizado e R\$/kW retirado na ponta (Tabela 35). Estes valores representam os custos em reais por MWh economizado e kW para a redução de demanda na ponta.

Tabela 35 - Índice de Financiamento solicitado

	RECURSO PEE	COM CONTRAPARTIDA
Energia economizada	289,58 R\$/MWh	289,58 R\$/MWh
Redução de demanda na ponta	3.733,05 R\$/kW	3.733,05 R\$/kW

Fonte: Tabela da Celesc preenchida pelo autor.

5 ESTRATÉGIA DE MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO

A estratégia de M&V proposta neste capítulo estabelece bases para as atividades de M&V que se seguirá na implementação das ações de eficiência energética se aprovado o diagnóstico energético. Esta estratégia poderá ser complementada ou ajustada se assim for necessária por solicitação da concessionária ou na elaboração do Plano de Medição & Verificação.

As diretrizes utilizadas foram os documentos da “Chamada Pública PEE CELESC 001/2017”, dos “Procedimentos do Programa de Eficiência Energética da ANEEL – PROPEE”, do “Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance – PIMVP – Janeiro de 2012 – EVO 10000 – 1:2012 (Br)” e do “Guia de Medição e Verificação para o Programa de Eficiência Energética Regulado pela Aneel”.

Como premissa da Chamada Pública foi definida que se deve obter um nível de precisão de $\pm 10\%$ com 95% de confiabilidade. Esta premissa será perseguida para cada etapa do processo de obtenção de dados (amostragem, modelagem e medição). Para tanto, avaliou-se nesta Estratégia de M&V as condições sobre os subgrupos de equipamentos, operação dos ambientes, os parâmetros elétricos mais importantes e os custos para execução de M&V associados.

Assim, as estratégias de M&V foram então definidas separadamente por uso final a ser eficientizado, iluminação e condicionamento ambiental, além da geração por fonte incentivada conforme apresentado a seguir.

5.1 USO FINAL ILUMINAÇÃO

5.1.1 Variáveis independentes

O consumo do sistema de iluminação varia conforme o tempo de utilização dos diferentes ambientes do edifício. Neste caso da biblioteca Central, além de possuir horário de funcionamento reduzido no período de recesso, também é composta de outros setores com horários de trabalho variados. Portanto optou-se por não utilizar variáveis independentes. As horas de utilização serão estimadas baseadas nos horários de funcionamento dos setores.

A estimativa das horas de operação poderá ser verificada a partir de informações fornecidas pela UFSC como horário de funcionamento dos setores, entrevistas com colaboradores encarregados da operação

diária dos espaços e/ou verificação visual em visitas técnicas em diferentes horários. A forma de realização desta estimativa deverá ser avaliada na execução do plano de M&V.

A estimativa do tempo de utilização não tem compromisso de atingir o nível de precisão e confiabilidade, porém buscam-se sempre os dados mais próximos da realidade.

Com a substituição das lâmpadas por modelos LED espera-se uma redução da carga térmica dos condicionadores de ar. Este efeito será ignorado no cálculo da economia.

5.1.2 Duração das medições

As medições serão realizadas em amostras com duração de um segundo cada, isto será tanto para a linha de base como no período de determinação. Antes da leitura, a luminária que será medida deverá estar ligada a no mínimo cinco minutos para a estabilização da lâmpada e reator. Será realizada a medição das grandezas de tensão (V), corrente (A), potência ativa (W) e fator de potência.

5.1.3 Efeitos interativos

Outras melhorias que este uso final pode acarretar que não irão ser mensurados, porém suas menções são interessantes para a análise: redução de perdas técnicas, redução da carga térmica e reciclagem do material descartado.

5.1.4 Fronteira de medição

A fronteira de medição será à entrada de alimentação da luminária. No período de linha de base a luminária é composta por lâmpada e reator, já no período de determinação é composta somente pela lâmpada LED. Portanto em ambos os períodos de medição será considerado o conjunto de duas lâmpadas como fronteira de medição. Excluindo as lâmpadas que não são tubulares.

5.1.5 Opção do PIMVP

De acordo com as bases definidas para M&V a opção adotada é a “Opção A – Medição Isolada dos Parâmetros Chave” do PIMVP. Esta opção se justifica visto que a determinação da economia será feita em curto prazo e com estimativa do tempo de operação para tornar o

processo viável economicamente. Além disto, a estimativa de tempo de uso será realizada de forma a melhor representar o tempo de funcionamento dos equipamentos.

5.1.6 Modelo do consumo da linha de base

Como não será utilizado variáveis independentes o cálculo pode ser simplificado, pois não haverá correlação a ser feita com o consumo de energia.

O tempo de utilização de cada sistema de iluminação será estimado no período de linha de base para ponta e fora ponta. Estes dados serão igualmente aplicados ao período de determinação de economia. Sendo assim, a energia consumida será a multiplicação da potência média medida pelo tempo estimado de funcionamento. A demanda na ponta será a multiplicação entre potência média e parcela do tempo estimado de funcionamento no horário de ponta.

5.1.7 Fatores estáticos

Sendo o período de determinação de economia curto, podem ser desconsiderados os fatores estáticos.

5.1.8 Medições do período de determinação da economia

O período de determinação da economia se iniciará logo após a troca dos equipamentos. Nesta fase, serão realizadas novas medições das grandezas elétricas em uma amostra das luminárias respeitando o quantitativo dos modelos instalados, podendo então ser diferente do quantitativo da linha de base.

5.1.9 Amostragem

Devido à substituição de muitos equipamentos, as medições serão realizadas em uma amostra. O tamanho da amostra é definido pelo nível de precisão de $\pm 10\%$ e confiança de 95%. O número total de amostras está demonstrado na Tabela 36.

Tabela 36 – População x Amostragem (Iluminação).

PERÍODO DE REFERÊNCIA			
Descrição do equipamento	CV	População	Amostragem
1 Lâmpada F. 32 W	0,50	1.265,00	89,00
2 Lâmpada F. 14 W	0,50	146,00	58,00
3 Lâmpada F. 85 W	0,50	11,00	10,00
Sub total - Custos medição e verificação iluminação - Período			
PERÍODO PÓS-RETROFIT			
Descrição do equipamento	CV	População	Amostragem
1 Lâmpadas Tubular LED 15 W	0,50	1.265,00	89,00
2 Lâmpadas Tubular LED 10 W	0,50	146,00	58,00
3 Lâmpadas Bulbo 40 W	0,50	11,00	10,00

Fonte: Tabela da Celesc preenchida pelo autor.

5.1.9.1 Equações (M&V)

O cálculo da amostra inicial segue a metodologia descrita no módulo 8 do PROPEE, conforme equações 17 e 18.

$$n_o = \frac{Z^2 \cdot CV^2}{e^2} \quad (17)$$

Onde:

n_o – tamanho inicial da amostra.

Z – valor padrão da distribuição normal (para confiabilidade de 95%, $Z=1,96$).

CV – coeficiente de variação das medidas (adotado $cv = 0,5$ conforme indicado no módulo 8 do PROPEE).

e – precisão desejada (para precisão de $\pm 10\%$, $e = 0,1$).

O cálculo da amostra inicial é ajustado para pequenas populações conforme equação a seguir quando $n < n_o$.

$$n = \frac{n_o \cdot N}{n_o + N} \quad (18)$$

Onde:

n – tamanho reduzido da amostra (ajustado para pequenas populações).

n_o – tamanho inicial da amostra.

N – tamanho da população.

5.1.10 Cálculo das economias

As economias serão determinadas pelo consumo evitado segundo a equação 1d) do PIMVP, onde não são necessários ajustes. Isto se deve as bases da estratégia de M&V adotadas para o local da fronteira de medição, a estimativa do tempo de utilização e a duração das medições.

Para o cálculo de energia economizada e redução de demanda na ponta serão utilizadas respectivamente as equações 19 e 20.

Cálculo energia economizada:

$$EE = \text{Tempo Estimado} \cdot (\text{P da linha de base medida} - \text{P do período de determinação da economia medida}) \quad (19)$$

Cálculo redução de demanda na ponta:

$$RDP = \text{FCP estimado} \cdot (\text{P da linha de base medida} - \text{P do período de determinação da economia medida}) \quad (20)$$

5.2 FONTES INCENTIVADAS

5.2.1 Variáveis independentes

A geração dos módulos fotovoltaicos varia de acordo com a irradiação solar disponível, portanto serão utilizados os dados de irradiação solar da estação meteorológica mais próxima da UFSC para correlacionar a geração medida. Esta análise possibilita elaborar a extrapolação de geração dos próximos anos baseando-se na média de irradiação solar dos últimos anos. Podem ser utilizados também para análise dados de insolação e temperatura que conseguem apresentar resultados satisfatórios.

5.2.2 Duração das medições

Como a incidência solar varia ao longo de 1 ano, será utilizado o medidor do próprio sistema proposto. Os dados serão registrados em memória de massa com intervalos de 15 minutos, devido ao funcionamento padrão do inversor.

As grandezas a serem medidas são as fornecidas pelo inversor:

- Tensão (V)
- Corrente (A)
- Fator de potência
- Potência ativa (kW)
- Energia Gerada (kWh)
- Tempo (h)

5.2.3 Fronteira de medição

A fronteira de medição será o próprio inversor de frequência onde ocorrerá a ligação entre os módulos fotovoltaicos e a infraestrutura do edifício.

5.2.4 Opção do PIMVP

Será adotada a opção B, realizando a medição da energia gerada pelo sistema fotovoltaico a partir do sistema de aquisição de dados presente no inversor do sistema fotovoltaico. Esta medição representa todos os dados para a determinação da energia gerada pelo sistema. Os dados relacionados à variável independente serão adquiridos a partir de estações meteorológicas próxima ao local que disponibilizam seus dados.

O INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) fornece de forma gratuita em seu site dados de diversas estações meteorológicas em todo o Brasil. Para fim deste projeto poderá ser utilizado os dados referentes a estação presente em Florianópolis.

5.2.5 Modelo do consumo da linha de base

Na fonte incentivada não existe consumo anterior dentro da fronteira de medição, ou seja, a linha de base é inexistente. Dessa forma o benefício gerado pode ser medido de forma direta. Porém sendo necessário realizar uma correlação com a variável independente para realizar a previsão futura de geração.


5.2.6 Cálculo da Geração

A geração de energia e demanda na ponta serão apuradas pela medição no período de um ano após a instalação e contribuirá para uma análise comparativa com a prevista neste estudo

6 CRONOGRAMA FÍSICO

Deve ser previsto no diagnóstico um calendário com previsão das atividades a serem executadas. A figura 4 representa a ordem dos processos e o tempo médio para execução de cada etapa.

Figura 4 - Desenho do calendário de atividades.

ATIVIDADES	Responsável	CRONOGRAMA FÍSICO											
		Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6	Mês 7	Mês 8	Mês 9	Mês 10	Mês 11	Mês 12
 1 Celebração de Convênio com a CELESC e Consumidor	CELESC e Consumidor												
2 Elaboração do projeto e especificação dos materiais e equipamentos	Consumidor												
3 Contratação dos serviços	Consumidor												
4 Medições e Verificação de consumo e demanda – Inicial	Consumidor												
5 Aquisição dos materiais e equipamentos	Consumidor												
6 Supervisão e execução do projeto	Consumidor												
7 Marketing (Divulgação)	Consumidor												
8 Medições e Verificação de consumo e demanda – Final	Consumidor												
9 Descarte	Consumidor												
10 Treinamento e Capacitação	Consumidor												
11 Relatório mensal de acompanhamento (Relatório de Medição)	Consumidor												
12 Fiscalização da execução do projeto (CELESC)	CELESC												
13 Relatório final	Consumidor												
14 Repasse Financeiro da Cellesc para o Consumidor	CELESC												

Fonte: Tabela da Cellesc preenchida pelo autor.

7 CONCLUSÃO

Ao final do estudo realizado foi percebido que é economicamente viável realizar ações de eficiência energética na Biblioteca Central. Embora a relação custo-benefício para o conjunto de geração fotovoltaico seja superior ao limite de 1,0 estabelecido no PROPEE, ao unir com as ações de iluminação o conjunto de ações de eficiência energética se torna viável apresentando uma relação custo-benefício de 0,64.

Embora não esteja descrito no desenvolvimento do trabalho foi realizado um estudo prévio contendo as ações de eficiência referente ao condicionamento ambiental. Porém, devido à falta de informações referentes às potências, tempo de uso e modelo dos equipamentos, assim como não ter equipamentos de medição adequados para realizar uma avaliação completa, esta ação não pode ser explorada com o mesmo nível de detalhes, sendo então retirado o estudo do diagnóstico energético apresentado.

O projeto contendo as ações de iluminação e fonte incentivada é economicamente viável de acordo com o PROPEE, porém ainda cabe realizar uma avaliação detalhada das ações de condicionamento ambiental para tornar o estudo completo.

Esta avaliação é de interesse da universidade, pois grande parte dos setores possui estrutura elétrica para aplicação de módulos fotovoltaicos, troca de lâmpadas e substituição dos condicionadores de ar. Realizando somente a troca das lâmpadas fluorescentes de toda a UFSC por lâmpadas LED, pode-se reduzir consideravelmente o consumo de energia elétrica total. Os recursos economizados podem ser aplicados em outras áreas de forma a melhorar a qualidade da UFSC.

Cabe ressaltar aqui a relevância deste tipo de ação não apenas para a UFSC, assim como, a aplicação em empresas, condomínios, residências e indústrias, pois além da economia de recursos financeiros, tem-se a redução do impacto ambiental, podendo ser analisado tanto em nível de descartes dos equipamentos, como redução da necessidade de ativação de usinas termoeletricas.

Sugestão de trabalhos futuros

No projeto desenvolvido não foi previsto alterações a respeito dos condicionadores ambientais, devido à falta de detalhamento e equipamentos de medição. Nesta direção, poderia ser realizado um estudo de viabilidade sobre a instalação de películas térmicas de alta

redução de calor nos vidros da BC. Assim como análise das perdas reais dos sistemas térmicos instalados, que se encontra em estado de deterioração. Para complementar o estudo seria necessário recalcular as cargas térmicas da BC a fim de prever somente a potência para condicionamento de ar necessário na instalação. Com estas etapas concluídas seria possível selecionar novas centrais de condicionamento ambiental que consigam suprir a demanda de forma satisfatória.

Ainda, como sugestões de setores onde é possível a elaboração de diagnósticos energéticos futuros, citam-se:

- a) Salas de aula.
- b) Reitoria.
- c) Centro de Eventos.
- d) Restaurante Universitário.
- e) Hospital Universitário.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Energia Elétrica. (Brasil). **Procedimentos do Programa de Eficiência Energética – PROPEE**. [S.I.: s.n.], 2013. 191 p. v. 1.

Organização para a Avaliação de Eficiência. (Brasil). **Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance**. [S.I.: s.n.], 2012. 125 p. v. 1.

SEBBEN, Daniel Luiz; CIDRAL, Levi Santos. **Treinamento em Energia Solar Fotovoltaica**. [S.I.: s.n.], 2015. 56p.

Procel. (Brasil). **Módulos Fotovoltaicos**. [S.I.: s.n.], 2018. 4 p.

Procel. (Brasil). **Lâmpadas LED** [S.I.: s.n.], 2018. 15 p.

Celesc Distribuição S.A. (Santa Catarina). **Chamada Pública PEE Celesc nº 001/2017: Seleção de Propostas de Projeto em Eficiência Energética**. [S.I.: s.n.], 2017. 121p.

Global Solar Atlas. Disponível em <<https://globalsolaratlas.info/?c=-27.599257,-48.519542,20&s=-27.599458,-48.519898&m=mapbox:simple&e=1>>. Acesso em 07 nov. 2018.

Google Maps. Disponível em <<https://www.google.com.br/maps/@-27.5993191,-48.519998,137m/data=!3m1!1e3>>. Acesso em 07 nov. 2018.

Página do PEE Celesc. Disponível em <<http://site.celesc.com.br/peecelesc/>>. Acesso em 07 nov. 2018.

NR-10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. [S.I.: s.n.], 2004. 256p.

NR-35 – Trabalho em Altura. [S.I.: s.n.], 2016. 256p.

BRASIL. Lei 12.305, de 02 de Agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. [S.I.], ago. 2010. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm>. Acesso em: 07 nov. 2018.

BRASIL. Lei 9.991, de 24 de Julho DE 2000. **Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências.** <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9991.htm>. Acesso em: 07 nov. 2018.

Fronius do Brasil Comércio Indústria e Serviços Ltda. **Inversor Fronius ECO.** [S.I.: s.n.], 2015. 2p.

Canadian Solar Inc. **Modules CS6K- 265| 270| 275| 280 P.** [S.I.: s.n.], 2017. 2p.

Fox Lux. **Catálogo de Produtos.** [S.I.: s.n.], 2018. 56p.

Philips Lighting Holding B.V. **TL-D Standard Colours.** [S.I.: s.n.], 2018. 2p.

Philips Lighting Holding B.V. **TL5 Essential HE Super.** [S.I.: s.n.], 2018. 2p.

Alper Energia S.A. **Specsheet – LED Tube.** [S.I.: s.n.], 2017. 2p.

<http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao_corporativos.html>. Acesso em: 03 dez. 2018.

<<http://www.ibflorestas.org.br/area-de-atuacao/compensacao-de-co2>>. Acesso em: 03 dez. 2018.

<<http://site.celesc.com.br/peecelesc/>>. Acesso em: 03 dez. 2018.